

SKRIPSI

BIOKONVERSI SAMPAH ORGANIK PASAR DENGAN KAPANG (*Trichoderma viride* Pers.) DAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens*)

Disusun oleh:

Vincencius Tri Setyobudi

NPM: 150801569



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
YOGYAKARTA
2020**

**BIOKONVERSI SAMPAH ORGANIK PASAR DENGAN KAPANG
(*Trichoderma viride* Pers.) DAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY*
(*Hermetia illucens*)**

SKRIPSI

**Diajukan kepada Program Studi Biologi Fakultas Teknobiologi, Universitas
Atma Jaya Yogyakarta guna memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh
derajat sarjana S-1**

Disusun oleh:
Vincencius Tri Setyobudi
NPM: 150801569



**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
YOGYAKARTA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan Skripsi dengan Judul:

**BIOKONVERSI SAMPAH ORGANIK PASAR DENGAN KAPANG
(*Trichoderma viride* Pers.) DAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY*
(*Hermetia illucens*)**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

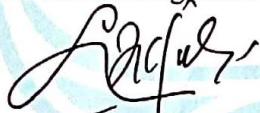
Vincencius Tri Setyobudi

NPM : 150801569

Yang telah dipertahankan dan disusun oleh
pada hari Rabu, 19 Februari 2020
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

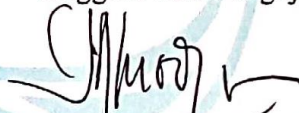
SUSUNAN TIM PENGUJI

Dosen Pembimbing Utama,



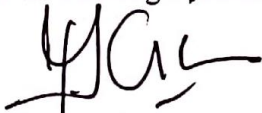
(Dra. L. Indah Murwaning Yulianti, M. Si)

Anggota Tim Penguji



(Drs. P. Kianto Atmodjo, M.Si)

Dosen Pembimbing Pendamping,



(Drs. A. Wibowo Nugroho Jati, M. S.)

Yogyakarta, 28 Februari 2020
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOBIOLOGI

Dekan,

Dr. Dra. Exsyupransia Mursyanti, M. Si

HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTO

**Sebuah persembahan untuk setiap orang
yang ambil bagian dalam perjuangan ini**

Seorang pelari maraton memulai perlombaan dengan start posisi belakang, namun ia bisa finish di posisi depan. Proses tidak ditentukan dari “DIMANA KITA MULAI”, tapi “DIMANA KITA FINISH”. Ini tentang seberapa keras dan cerdas kita berlari

Hidup itu perputaran, berotasi dan bertukar posisi. Mudah dan susah terus bergantian. Tidak ada cara menghindari hal susah, yang bisa dilakukan hanyalah MEMBIASAKAN diri menghadapi kesusahan itu

“UPGRADE PASTI TERJADI”

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah in

Nama : Vincencius Tri Setyobudi
NPM : 150801569
Judul Skripsi : BIOKONVERSI SAMPAH ORGANIK PASAR
DENGAN KAPANG (*Trichoderma viride* Pers.) DAN
LARVA BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*)

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul tersebut di atas adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan saya menyusunnya dengan sejujurnya yang berlandaskan norma akademik dan bukan merupakan hasil plagiat. Adapun semua kutipan skripsi ini telah saya sertakan nama penulis dan telah saya cantumkan namanya di Daftar Pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan apabila di kemudian hari saya terbukti melanggar pernyataan tersebut, saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku (dicabut predikat kelulusan dan gelar kesarjanaan saya).

Yogyakarta, Desember 2019

Yang menyatakan,

Vincencius Tri Setyobudi

150801569

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga skripsi dengan judul “BIOKONVERSI SAMPAH ORGANIK PASAR DENGAN KAPANG (*Trichoderma viride* Pers.) DAN LARVA *BLACK SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens*) dapat diselesaikan dengan lancar. Naskah skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Strata-1 di Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Keberhasilan dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini tentu tidak lepas karena dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu saya selaku penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan Yayasan Slamet Riyadi, yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menempuh pendidikan Strata-1 melalui program beasiswa PSSB.
2. Ibu Dr. Dra. Exsyupransia Mursyanti, M.Si selaku Dekan Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu L Dra. L. Indah Murwani Yulianti, M. Si. selaku Dosen Pembimbing Utama yang dengan kesabaran dan kebijaksanaannya telah memberikan bimbingan, arahan dan saran mulai dari penyusunan proposal, penelitian, hingga pembuatan naskah skripsi.
4. Bapak Drs. A. Wibowo Nugroho Jati, M. S. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang juga telah memberikan bimbingan, arahan dan saran

mulai dari penyusunan proposal, penelitian, hingga pembuatan naskah skripsi.

5. Bapak Antonius Siman Iswanto dan Ibu Maria Magdalena Warsini, serta kedua kakak yaitu Christina Ira Purwanti dan Vitalis Edi Susilo yang telah mendukung penuh dan menjadi motivasi pertama dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
6. Keluarga Bapak Henry Supranto, Mas Ipud dan Mas Arief dari Omah Maggot Jogja yang telah memberikan pengalaman baru, sebagai *supplier* larva BSF, dan memotivasi dalam hal konservasi lingkungan.
7. Maria Magdalena Kurni Widyaningsih yang menjadi motor penggerak utama dalam menjalankan penelitian dan penyusunan skripsi, sehingga proses ini dapat dilalui.
8. Billy Veringgo Wiranata sebagai sahabat yang selalu membantu dan menemani selama proses penelitian, serta Greshie Khalang, Stephanus Catur, Larissa, Dhevy, Daniel, Ester, dan Audi sebagai rekan seperjuangan satu laboratorium.
9. Lorensius Ruiz Rio Ageng Surya sebagai sahabat seperjuangan yang selalu memberi nasehat dan semangat tanpa lelah kepada penulis, sehingga penulis tidak kehilangan arah di tengah perjalanan.
10. Sahabat mengadu nasib Ayu Dian Susilo, Ivana Kartikasari, Hugo Ivan Kus Adnanto, Vera Dompas, Rica Angelia dan seluruh keluarga besar Komunitas Mahasiswa PSSB yang menjadi keluarga pertama selama di Jogja

11. Bagas Destyawan, Bekti Kristiaji, dan seluruh Sedulur Komunitas Paskawijaya, yang telah berjuang bersama mendirikan dan menghidupkan kebudayaan karawitan di lingkungan Universitas Atma Jaya Yogyakarta
12. Sahabat berbagi cerita, Tonggo Maruli, Jeroen Kun, Putri, Berlian, Earlene dan seluruh rekan satu tim Bola Voli UAJY yang telah melengkapi pengalaman selama menempuh perkuliahan di Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
13. Pengurus Presidium Mahasiswa FTb periode 2016/2017 dan 2017/2018, khususnya Departemen Minat dan Bakat yang selalu mendukung satu sama lain.
14. Vessel Band, BeakerGlass, dan seluruh anggota Komunitas Musik (KOMUS) FTb yang terus mendukung penulis hingga akhir.
15. Sahabat mengadu nasib di Mentawai (Bimo, Angela, Nia, Justin, There, Felix, Luyan, Rere, Crysta, Maria, dan Iren) yang selalu memotivasi untuk segera menyelesaikan masa studi
16. Sahabat seperjuangan Fakultas Teknobiologi angkatan 2015 yang saling menguatkan satu sama lain selama menempuh perkuliahan
17. Semua pihak yang membantu dan mendukung dari proses penelitian hingga penyusunan naskah skripsi secara langsung maupun tidak langsung

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTO	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Keaslian Penelitian.....	3
C. Masalah Penelitian	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Biokonversi.....	6
B. Sampah Pasar	7
C. Lalat Tentara Hitam	9
D. <i>Trichoderma viride</i>	13
E. Hipotesis.....	15
BAB III. METODE PENELITIAN	

A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
B. Alat dan Bahan.....	16
C. Rancangan Percobaan	17
D. Tahapan Percobaan	17
1. Pengambilan Sampel dan Preparasi Sampah Organik Pasar	17
2. Pemurnian Mikroorganisme	18
3. Pembuatan <i>Stock Culture</i> dan <i>Working Culture</i>	18
4. Uji Validasi Kapang <i>Trichoderma viride</i> Pers	19
5. Pembuatan Kultur Kapang <i>Trichoderma viride</i> Pers Generasi Pertama (F1)	20
6. Pembuatan Starter Kapang <i>Trichoderma viride</i> Pers	20
7. Fermentasi Sampah dengan Kapang <i>Trichoderma viride</i> Pers	21
8. Pemberian Larva BSF.....	21
9. Pengukuran pH	22
10. Pengukuran Suhu	23
11. Pengamatan.....	23
a. Indeks Pengurangan Limbah (WRI)	24
b. Efisiensi Umpan Tercerna (ECD).....	24
c. Analisis Data	25

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Validasi Isolat Kapang <i>Trichoderma viride</i> Pers.....	26
B. Fermentasi Sampah Pasar dengan Isolat Kapang <i>Trichoderma</i> <i>viride</i> Pers	27
C. Nilai <i>Waste Reduction Index</i> (WRI)	30

D. Nilai <i>Efficiency of Conversion of Digested Feed</i> (ECD).....	34
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. SIMPULAN	39
B. SARAN	39
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rancangan Percobaan Biokonversi Sampah Organik Menggunakan Agen Fungi Kapang <i>Trichoderma viride</i> Pers. dan Larva BSF (<i>Hermetia illucens</i>)	16
Tabel 2. Perubahan Karakter Fisik Sampah Terfermentasi	28
Tabel 3. Nilai <i>Waste Reduction Index</i> (WRI)	30
Tabel 4. Nilai <i>Efficiency of Conversion of Digested Feed</i> (ECD)	34
Tabel 5. Berat Akhir Sampah Organik Pasar/Kasgot	44
Tabel 6. Penurunan Sampah Organik Pasar	44
Tabel 7. Sampah Terkonsumsi	44
Tabel 8. Berat Akhir Larva BSF	45
Tabel 9. Pertambahan Berat Larva	45
Tabel 10. Nilai <i>Waste Reduction Index</i> (WRI) seluruh perlakuan	45
Tabel 11. Nilai <i>Efficiency of Conversion of Digested Feed</i> (ECD) seluruh perlakuan	46
Tabel 12. Hasil Uji ANOVA <i>Waste Reduction Index</i> (WRI)	47
Tabel 13. Hasil Uji Pengaruh Antar Subyek <i>Waste Reduction Index</i> (WRI)	47
Tabel 14. Hasil Uji <i>Duncan</i> WRI terhadap Perlakuan Jumlah Larva	47
Tabel 15. Hasil Uji <i>Duncan</i> WRI terhadap Perlakuan Fermentasi dan Jumlah Larva	48

Tabel 16. Hasil Uji ANOVA <i>Efficiency of Conversion of Digested Feed</i> (ECD)	48
Tabel 17. Hasil Uji Pengaruh Antar Subyek <i>Efficiency of Conversion of Digested Feed</i> (ECD)	48
Tabel 18. Hasil Uji <i>Duncan</i> ECD terhadap Perlakuan Jumlah Larva.....	49
Tabel 19. Hasil Uji <i>Duncan</i> ECD terhadap Perlakuan Fermentasi dan Jumlah Larva	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sketsa struktur Kapang <i>T. viride</i> Pers.; C (konidia/ <i>conidia</i>), Cp konidiofor / <i>conidiophores</i>), dan P (fialida/ <i>phialides</i>)	14
Gambar 2. Struktur Kapang <i>T. viride</i> Pers; C (konidia/ <i>conidia</i>), Cp (konidiofor/ <i>conidiophores</i>), dan P (fialida/ <i>phialides</i>).....	26
Gambar 3. Sampah organik pasar sebelum (A) dan sesudah terfermentasi (B)	30
Gambar 4. Sampah organik pasar sebelum (A) dan setelah fermentasi (B)	50
Gambar 5. Larva BSF sebelum perlakuan: 1000 larva (A), 3000 larva (B), dan 5000 larva (C)	50
Gambar 6. Larva BSF setelah perlakuan: 1000 larva (A), 3000 larva (B), dan 5000 larva (C)	51
Gambar 7. Sampah organik pasar sebelum perlakuan: 1000 larva (A), 3000 larva (B), dan 5000 larva (C).....	51
Gambar 8. Sampah organik pasar setelah perlakuan: 1000 larva (A), 3000 larva (B), dan 5000 larva (C)	51

INTISARI

Sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan paling penting dan masih dihadapi hingga saat ini. Hasil statistik lingkungan hidup tahun 2019, sebagian besar provinsi di Indonesia memiliki produksi sampah tinggi dan cenderung didominasi oleh produksi sampah organik. Khusus di daerah Yogyakarta pada tahun 2018 produksi sampah organik sebesar 152,40 m³, sedangkan sampah anorganik masih dibawah jumlah tersebut, yaitu sebesar 101,6 m³. Biokonversi merupakan salah satu solusi efektif untuk menekan tingginya produksi sampah tersebut. Larva lalat BSF (*Hermetia illucens*) merupakan agen biokonversi yang sangat menguntungkan karena selain memiliki kemampuan memakan sampah organik dengan cepat, juga dapat digunakan sebagai pakan ternak unggas dan ikan. Penambahan *pretreatment* fermentasi dengan kapang *T. viride* Pers. menjadikan sampah semakin mudah dicerna oleh larva BSF sehingga proses biokonversi lebih efektif. Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan 2 faktor, yaitu faktor fermentasi dengan kapang *T. viride* Pers. (fermentasi dan tanpa fermentasi) serta larva lalat BSF (penggunaan 1000 larva, 3000 larva dan 5000 larva). Hasil percobaan menunjukkan bahwa larva lalat BSF lebih efektif mengkonversi sampah organik pasar terfermentasi kapang *T. viride* Pers. dengan rata-rata nilai WRI 5,78% dan ECD 5,50%, sedangkan perlakuan fermentasi kurang efektif dengan rata nilai WRI 5,25% dan ECD 4,13%. Larva lalat BSF dengan jumlah 3000 paling efektif untuk mengkonversi 1500 gram sampah organik pasar dengan rata-rata nilai WRI 6,18% dan ECD 6,28%. Pemberian 1000 larva kurang efektif dengan rata-rata nilai WRI 4,71% dan ECD 4,81%, sedangkan pemberian 5000 larva juga kurang efektif dengan rata-rata nilai WRI 5,64% dan 3,37%.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan paling penting dan masih dihadapi hingga saat ini. Berdasarkan hasil statistik lingkungan hidup tahun 2019, sebagian besar provinsi di Indonesia memiliki produksi sampah tinggi dan cenderung didominasi oleh produksi sampah organik. Khusus di daerah Yogyakarta pada tahun 2018 produksi sampah organik sebesar 152,40 m³, sedangkan sampah anorganik masih dibawah jumlah tersebut, yaitu sebesar 101,6 m³. Besarnya volume sampah organik ini tidak selaras dengan sifat sampah organik yang dapat didegradasi dan diolah untuk kemudian dimanfaatkan (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2019).

Berbagai macam alternatif dapat dilakukan untuk mengolah limbah organik dimana sebagian besar adalah pemanfaatan kembali menjadi pupuk. Pembuatan pupuk organik perlu adanya proses pengomposan yang efektif dengan penambahan agen biologi mikroorganisme seperti bakteri, fungi, aktinomisetes, dan larva insekta. Mikroorganisme mampu melakukan pengomposan karena kemampuannya yang memiliki enzim perombak seperti selulase, pektinase atau enzim pendegradasi lainnya (Fahmi, 2015).

Fungi dengan karakter selulolitik antara lain berasal dari marga *Humicola*, *Penicillium*, *Aspergillus*, dan *Trichoderma*. Marga *Trichoderma* merupakan salah satu yang paling banyak diteliti dengan beberapa spesies yang terbukti memiliki kemampuan selulolitik antara lain *T. harzianum*, *T. koningii* dan *T. viride* (Gautam dkk., 2012). Fungi *Trichoderma viride* telah

diketahui memiliki beberapa jenis enzim selulase sekaligus, yaitu *selobiohidrase*, β -*glukosidase*, dan *endoglukonase*. Selain memiliki tiga enzim selulolitik tersebut, kelebihan dari *T. viride* juga menghasilkan enzim *xyloglukanolitik*. Enzim ini akan mempermudah kinerja enzim selulolitik dengan menghidrolisis hemiselulosa pada dinding sel tanaman (Gunam dkk., 2011).

Agen biologi selain mikroorganisme yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah sekaligus berperan sebagai agen biokonversi yaitu larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*) atau sering disebut larva BSF (*Black Soldier Fly*). Larva BSF merupakan salah satu agen biokonversi yang mampu mendegradasi limbah organik dengan kandungan selulosa tinggi. Larva BSF diketahui mampu mengkonversi senyawa organik dalam ususnya yang berisi bakteri selulolitik sehingga menghasilkan pupuk organik (Supriyatna dan Putra, 2017).

Penggunaan larva BSF sebagai agen biokonversi memiliki keunggulan diantaranya mampu mengkonversi berbagai bahan organik, bukan merupakan vector penyebar penyakit, serta hasil proses biokonversi berupa larva pakan ikan dan pupuk organik. Lalat BSF pada umumnya dibudidayakan dengan menggunakan kandang yang tersistem sesuai siklus hidupnya. Sistem pemeliharaan yang tepat akan membuat telur lalat BSF dapat dapat diproduksi secara menerus (*sustainable*). Iklim tropis di Indonesia mendukung untuk adanya budidaya lalat BSF karena dari faktor suhu dan keberadaan cahaya matahari telah terpenuhi. Hal ini menjadi pendukung banyaknya pengusaha

lalat BSF hingga terbentuknya Mitra Peternak BSF Indonesia (Hakim dkk., 2017).

Pemanfaatan mikroorganisme dalam pengomposan telah banyak dilakukan, sedangkan penggunaan larva lalat BSF masih belum banyak dikembangkan. Kombinasi antara 2 agen biologi ini memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi metode biokonversi limbah organik menjadi pupuk. Mikroorganisme selulolitik akan digunakan sebagai *treatment* awal untuk mendegradasi kandungan selulosa.

B. Keaslian Penelitian

Penelitian penggunaan kapang *Trichoderma viride* Pers. untuk mendegradasi bahan yang mengandung selulosa telah beberapa kali dilakukan. Setyani dkk. (2011) menggunakan kapang *T. viride* Pers. untuk mendegradasi selulosa pada eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Penelitian ini menggunakan variasi suhu inkubasi yaitu 30°C, 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C, serta variasi waktu inkubasi 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam. Hasil yang diperoleh adalah kapang *T. viride* Pers. secara efektif mampu mendegradasi selulosa eceng gondok pada temperature 35°C dengan waktu inkubasi 96 jam yang ditandai dengan dihasilkannya glukosa sebesar 1,3864 mg/L.

Monita dkk. (2017), dalam penelitiannya menggunakan larva BSF (*Hermetia illucens*) untuk mengolah sampah perkotaan dengan beberapa variasi komposisi. Sampah perkotaan yang digunakan yaitu 300 kg sampah

organik restoran dengan penambahan 6% silase ikan, 300 kg sampah organik restoran dengan penambahan 6% darah sapi dan 300 kg sampah organik restoran tanpa penambahan. Hasil penelitian ini diperoleh bahwa rata-rata larva lalat BSF dalam waktu 10 hingga 11 hari mampu mereduksi sampah perkotaan dengan sisa substrat antara 90,3-90,6%.

Mujahid (2017) mengkombinasikan *Trichoderma* sp. dengan larva lalat BSF (*Hermetia illucens*) untuk mengkonversi limbah tandan kosong kelapa sawit. Tahap awal penelitian ini menggunakan variasi berat *Trichoderma* spp. yang digunakan untuk fermentasi, yaitu 5 gram, 10 gram dan 20 gram dengan hasil efektif yaitu 5 gram. Limbah tandan kosong kelapa sawit terfermentasi dengan 5 gram *Trichoderma* sp. dilanjutkan dengan variasi pemberian larva lalat BSF meliputi 5 gram, 10 gram, dan 20 gram. Hasilnya diperoleh bahwa penggunaan perlakuan awal dengan *Trichoderma* sp. sebanyak 5 gram yang dilanjutkan penggunaan larva lalat BSF mampu mereduksi limbah hingga 39%.

C. Masalah Penelitian

1. Apakah biokonversi oleh larva BSF (*Hermetilia illucens*) memberikan hasil lebih baik apabila menggunakan sampah organik pasar terfermentasi kapang *Trichoderma viride* Pers. dibanding dengan sampah organik pasar tanpa fermentasi?
2. Berapakah larva BSF (*Hermetia illucens*) yang dibutuhkan agar memberikan hasil konversi sampah organik pasar paling tinggi?

3. Berapakah waktu yang diperlukan oleh larva lalat BSF untuk mengkonversi sampah organik pasar menjadi pupuk organik dan larva BSF?

D. Tujuan Penelitian

1. Membandingkan hasil biokonversi larva lalat BSF (*Hermetia illucens*) dengan menggunakan sampah organik pasar terfermentasi kapang *Trichoderma viride* Pers. dan sampah organik pasar tanpa fermentasi.
2. Mengetahui jumlah larva lalat BSF (*Hermetia illucens*) yang dibutuhkan untuk memperoleh hasil konversi sampah organik pasar paling tinggi.
3. Mengetahui waktu yang diperlukan oleh larva lalat BSF untuk mengkonversi sampah organik pasar menjadi pupuk organik dan larva BSF.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat dengan menambahkan referensi metode yang efektif dalam mengolah sampah organik pasar. Selain itu penggunaan metode ini diharapkan dapat disosialisasikan pada masyarakat dan instansi yang berhubungan, agar selanjutnya dapat diaplikasikan untuk menekan volume penumpukan sampah organik di TPA.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Biokonversi

Menurut Fahmi (2015), biokonversi adalah suatu proses perombakan limbah organik fermentasi yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan larva serangga. Hasil dari biokonversi ini selanjutnya akan menghasilkan sumber energi metan. Biokonversi akan mengubah senyawa tertentu menjadi produk lain yang memiliki struktur mirip dan bermanfaat. Proses selama biokonversi memanfaatkan sel-sel pada agen mikroorganisme sebagai alat untuk mengkonversi senyawa-senyawa kimia tertentu menjadi senyawa kimia bentuk lain.

Proses konversi dengan agen biologi ini memiliki keunggulan dibanding konversi yang menggunakan pereaksi kimia antara lain dapat dilakukan pada suhu yang relatif rendah dengan tanpa membutuhkan katalisator logam berat yang berpotensi mencemari proses selama konversi berlangsung (Rachman, 1992). Keuntungan lain dari biokonversi yaitu spesifitas dimana organisme yang digunakan sebagai agen biokonversi bertindak sebagai katalis stereospesifik, produksi yang tinggi, kondisi reaksi baik sehingga menghindarkan konversi substansi yang labil dalam nilai pH yang rendah atau tinggi dalam prosesnya (Mujahid, 2017).

Penggunaan biokonversi lebih disarankan dibandingkan proses konversi dengan agen pereaksi kimia, hal ini berdasarkan beberapa pertimbangan berikut:

- a. Suatu konversi zat yang bersifat labil terhadap pH rendah maupun tinggi atau panas dapat berlangsung.
- b. Reaksi dapat dilangsungkan pada berbagai posisi dalam molekul yang biasanya tidak dapat bereaksi karena kurang aktivasi.
- c. Penggabungan beberapa reaksi sering dapat dilakukan oleh mikroorganisme yang mengandung beberapa enzim.

Biokonversi dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya yang paling sering digunakan adalah melalui fermentasi. Menurut Rachman (1989) fermentasi adalah segala proses metabolisme dengan menggunakan senyawa organik sebagai aseptor elektron terminalnya. Fermentasi merupakan salah satu aktivitas mikroba yang bertujuan untuk mendapatkan energi dengan cara memecah substrat (katabolisme) guna keperluan metabolisme dan pertumbuhannya. Substrat yang digunakan dalam fermentasi ini memiliki fungsi utama yaitu sebagai sumber energi, selain itu juga untuk bahan pembentuk produk metabolisme serta pembentukan sel.

B. Sampah Pasar

Sampah adalah sesuatu bahan atau benda padat yang sudah tidak dipakai lagi oleh manusia atau benda padat yang sudah tidak digunakan lagi dalam suatu kegiatan manusia dan dibuang. Sampah sendiri digolongkan berdasarkan asal dan sifatnya menjadi sampah organik dan sampah non organik. Sampah organik yaitu sampah yang terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam, atau dihasilkan dari

kegiatan pertanian, perikanan atau yang lainnya. Sampah ini dengan mudah diuraikan dalam proses alami. Sampah anorganik yaitu sampah yang berasal dari sumber daya alam tak terbaharui seperti mineral dan minyak bumi atau dari proses industri. Beberapa dari bahan ini tidak terdapat di alam seperti plastik dan aluminium. Sebagian zat anorganik secara keseluruhan tak dapat diuraikan oleh alam, sedang sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama (Mustika, 2006).

Sampah dapat bersumber dari berbagai aktivitas manusia diantaranya kegiatan rumah tangga, perindustri, perkantoran dan aktivitas perekonomian seperti pasar. Sampah pasar merupakan salah satu penyumbang volume sampah yang cukup tinggi. Menurut Sitompu (2011), sampah pasar pada umumnya mengandung sekitar 95% sampah organik. Limbah organik di pasar umumnya terdiri dari sisa-sisa sayur-mayur dan buah-buahan yang tidak terjual dan potongan sayur yang tidak dimanfaatkan untuk konsumsi manusia.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahayu dan Yudi (2013), menunjukkan bahwa sampah Pasar Segiri Kota Samarinda memiliki kandungan sampah organik sebesar 99,25 % dengan komposisi 78,26% sampah organik memiliki sifat mudah terurai. Sampah yang dihasilkan mencapai berat total 1.825,9 kg/hari. Sampah organik didominasi oleh sampah daun-daunan, buah-buahan, dan sayur-sayuran, sementara sampah sisa makanan, tulang, kulit, dan sisik ikan hanya dalam jumlah kecil sekitar 10%.

Sampah organik pasar pada umumnya belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya dibuang tanpa pengolahan sebelumnya. Tingginya kandungan bahan organik pada sampah pasar memiliki potensi digunakan sebagai bahan pembuatan pupuk kompos. Sampah organik pasar apabila digunakan sebagai bahan baku pembuatan kompos memiliki beberapa keuntungan yaitu memiliki nilai ekonomis yang dimanfaatkan dan harganya yang murah, serta mudah didapat dan tidak bersaing dengan kebutuhan manusia. Memanfaatkan limbah organik pasar juga dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan akibat sampah yang khususnya terdapat pada pasar tradisional (Sitompu, 2011).

C. Lalat Tentara Hitam

Lalat tentara hitam sering juga dikenal dengan nama *Black Soldier Fly* (BSF). Jenis lalat ini merupakan anggota dari ordo Diptera, family Stratiomyidae yang dapat hidup hampir di seluruh dunia yang beriklim tropis dan subtropis pada garis lintang 40°S dan 45°U. Lalat BSF memiliki keistimewaan dibanding serangga jenis lain karena kemampuannya yang dapat melakukan degradasi limbah organik (SANDEC, 2017). Selain itu, lalat jenis ini bersifat saprofagus baik untuk materi organik hewani ataupun nabati (Mangunwardoyo dkk., 2011).

Pemanfaatan lalat BSF dalam pendegradasian limbah organik dapat dilakukan pada fase larva. Lalat BSF pada fase larva memiliki kemampuan degradasi karena aktivitas selulolitik yang terjadi pada lambung usus larva

tersebut. Menurut Supriyatna dan Ukit (2016), usus larva BSF memiliki bakteri dengan kemampuan selulolitik tinggi diantaranya adalah *Bacillus* sp., *Proteus*, dan *Rumenococcus* sp. Larva BSF dengan keberadaan bakteri selulolitik tersebut menjadikannya memiliki kemampuan mendegradasi dan mengkonversi limbah organik menjadi lemak dan protein dalam biomassa tubuhnya (Supriyatna dan Putra, 2017).

Siklus hidup lalat BSF dimulai dari telur yang juga merupakan akhir dari tahap hidup sebelumnya. Lalat BSF betina akan menghasilkan dan meletakkan telur sejumlah 400 hingga 800 telur di dekat bahan organik dan akan memasukkannya ke dalam rongga kecil, kering dan terlindungi. Sekelompok telur ini juga biasa disebut dengan istilah *ovipositing*. Telur-telur ini pada umumnya akan menetas setelah 2-4 hari dan menghasilkan larva berukuran kecil sehingga sering disebut mini larva. Larva yang baru saja menetas akan langsung memakan bahan organik di sekitarnya dengan sangat rakus hingga ukuran larva ini tumbuh menjadi panjang sekitar 2,5 cm dengan lebar 0,5 cm (SANDEC, 2017).

Fase larva lalat BSF merupakan fase dimana lalat ini makan dalam jumlah banyak untuk selanjutnya menyimpannya sebagai cadangan makanan dalam bentuk lemak dan protein. Cadangan makanan ini akan digunakan lalat BSF ketika masuk fase pupa setelah berakhir fase larva yaitu sekitar 14-16 hari. Jangka waktu ini bisa saja berubah karena larva lalat BSF bersifat sangat adaptif yang dapat memperpanjang siklus hidupnya apabila kondisi kurang ideal (SANDEC, 2017).

Prapupa merupakan fase setelah larva dimana mulai terjadi transformasi bentuk tubuh. Mulut larva atau larva akan mulai berubah menjadi seperti kait dengan warna menjadi coklat tua hingga abu-abu arang. Mulut yang berubah bentuk menyerupai kait ini bertujuan untuk mempermudah pergerakannya keluar dan berpindah dari lingkungan sumber makanannya ke lingkungan baru yang kering, tekstur seperti humus, terlindung, teduh dan aman dari predator. Ketika prepupa ini telah sampai pada lingkungan yang mendukung tersebut, maka prapupa akan berubah menjadi pupa dan selanjutnya menjadi imago. Kondisi lingkungan yang dibutuhkan lalat BSF hingga tahap ini berkisar 25-30°C (SANDEC, 2017).

Proses pupa saat menemukan lingkungan yang cocok dan bertransformasi menjadi imago lalat disebut dengan pupasi. Proses pupasi biasanya berlangsung sekitar dua hingga tiga minggu dan berakhirnya pupasi ini ditandai dengan keluarnya lalat dari pupa. Lalat BSF yang telah keluar akan bertahan sekitar satu minggu dan selama fase ini lalat BSF akan mencari pasangan, kawin, dan bertelur. Lalat BSF dewasa tidak makan dan hanya memerlukan sumber air dan adanya permukaan yang lembab agar menjaga tubuh tetap terhidrasi. Fase ini lalat BSF membutuhkan cahaya alami yang cukup dan suhu hangat sekitar 25-32°C. Lingkungan lembab menyebabkan perpanjangan durasi hidup lalat sehingga telur yang dihasilkan lebih banyak (SANDEC, 2017).

Menurut *Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development* (SANDEC) (2017), kondisi lingkungan dan sumber makanan yang optimal bagi larva BSF adalah sebagai berikut:

a. Iklim hangat

Suhu lingkungan 24°C-30°C merupakan kondisi yang ideal untuk larva BSF. Media tempat hidup larva BSF apabila terlalu panas akan menyebabkan larva BSF keluar dari reaktor/media untuk mencari tempat lebih dingin. Hal ini menyebabkan larva makan lebih sedikit sehingga pertumbuhan larva BSF dan proses degradasi sampah kurang efektif.

b. Lingkungan yang teduh

Larva BSF memiliki kecenderungan menghindari cahaya matahari dan akan mencari lingkungan yang lebih teduh. Sumber makanan yang terpapar sinar matahari akan menyebabkan larva berpindah ke lapisan media yang lebih dalam sehingga tidak terpapar sinar matahari.

c. Kandungan air

Sumber makanan yang digunakan sebagai pakan larva BSF harus lembab dan memiliki kandungan air antara 60% sampai 90% supaya dapat dicerna oleh larva. Parameter sederhana untuk membedakan sampah yang cukup lembab untuk media larva BSF adalah dengan meremas satu genggam sampah organik. Apabila keluar air cukup banyak, dalam arti bukan hanya tetesan air saja, maka sampah tersebut dinilai layak untuk digunakan sebagai media dan pakan larva BSF.

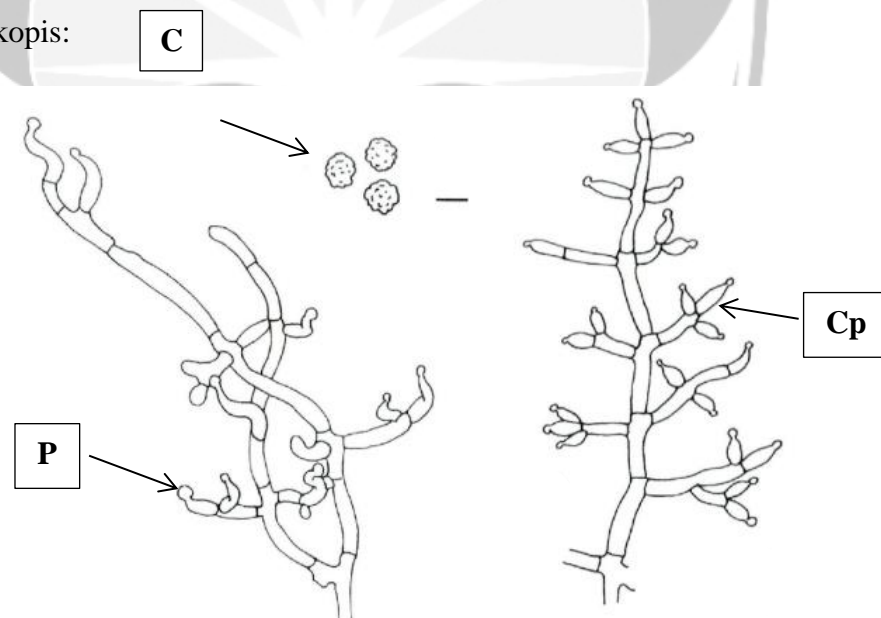
D. Kapang *Trichoderma viride* Pers.

Kapang *Trichoderma viride* Pers. adalah salah satu fungi antagonis anggota genus *Trichoderma* yang secara alami terdapat pada tanah dan mempunyai kemampuan dalam mengendalikan beberapa penyakit tanaman (Sakthivel dkk., 2016). Fungi merupakan salah satu kapang berfilamen dengan kemampuan selulolitik melalui enzim-enzim yang dimilikinya. Enzim-enzim selulolitik yang dimiliki kapang *T. viride* Pers. antara lain meliputi enzim *selobiohidrase*, β -*glukosidase*, dan *endoglukonase*. Selain memiliki enzim selulolitik yang lengkap tersebut, kapang *T. viride* Pers. juga menghasilkan enzim *xyloglukanolitik* yang semakin mempermudah kinerja enzim selulolitik memecah selulosa (Gunam dkk., 2011). Sesuai dengan namanya, *xyloglukanolitik* merupakan salah satu enzim yang mampu menghidrolisis senyawa *xylogukan* yang merupakan hemiselulosa struktural utama pada dinding sel tanaman.

Kapang *T. viride* Pers. dalam melakukan aktivitas selulolitiknya memerlukan kondisi yang optimal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Gautam dkk. (2012), Kapang *T. viride* Pers. mampu menghasilkan aktivitas selulase paling maksimal pada suhu 30°C dan waktu inkubasi pada hari ke enam untuk degradasi sampah perkotaan. Fungi dari genus *Trichoderma* dikenali dengan pertumbuhan yang cepat. Jenis-jenis dari fungi *Trichoderma* ini juga sulit dibedakan karena pada umumnya memiliki ciri-ciri yang mirip. Ciri-ciri makroskopik kapang *T. viride* Pers. yang diisolasi pada medium PDA pada umur 7 hari dengan suhu inkubasi 25°C

yaitu berwarna hijau tua. Permukaan koloni mendatar dan memiliki tekstur permukaan halus dan berbutir, margin koloni rata (Suryani dkk., 2012).

Memasuki umur 3 hari saat koloni ditanam dengan metode titik tumbuh berbentuk seperti cakram berwarna putih, kuning, hijau muda, dan hijau tua, hal ini dikatakan bahwa kapang *T. viride* Pers. memiliki lingkaran konsentris. Kapang *T. viride* Pers. tidak menghasilkan eksudat. Ciri-ciri mikroskopik yang diperoleh adalah hifa berbentuk pipih, bersekat, dan bercabang-cabang membentuk anyaman yang disebut miselium. Konidiofornya bercabang berbentuk *verticillate* dan pada bagian ujungnya tumbuh sel yang bentuknya menyerupai botol (fialida) (Lieckfeldt dkk., 1999). Gambar 1 menunjukkan skema struktur kapang *T. viride* Pers. secara mikroskopis:



Gambar 1. Sketsa struktur kapang *T. viride* Pers.; C (konidia/*conidia*), Cp (konidiofor / *conidiophores*), dan P (fialida/*phialides*) (Lieckfeldt dkk., 1999)

E. Hipotesis

1. Pemberian perlakuan awal berupa fermentasi dengan kapang *T. viride* Pers. memberikan hasil yang lebih baik pada konversi yang dilakukan oleh larva lalat BSF (*Hermetia illucens*) dibandingkan tanpa perlakuan fermentasi.
2. Penggunaan perlakuan awal fermentasi dengan kapang *T. viride* Pers. yang dilanjutkan dengan penambahan 5000 larva lalat BSF menghasilkan konversi sampah organik pasar paling tinggi.
3. Waktu yang diperlukan oleh larva lalat BSF untuk mengkonversi sampah organik pasar menjadi pupuk organik dan maggot BSF adalah 14 hari.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Larva lalat BSF (*Hermetia illucens*) lebih efektif mengkonversi sampah organik pasar terfermentasi kapang *T. viride* Pers. dengan rata-rata nilai WRI 5,78% dan ECD 5,50%, sedangkan perlakuan fermentasi kurang efektif dengan rata-rata nilai WRI 5,25% dan ECD 4,13%
2. Larva lalat BSF (*Hermetia illucens*) dengan jumlah 3000 paling efektif untuk mengkonversi 1500 gram sampah organik pasar dengan rata-rata nilai WRI 6,18% dan ECD 6,28%. Pemberian 1000 larva kurang efektif dengan rata-rata nilai WRI 4,71% dan ECD 4,81%, sedangkan pemberian 5000 larva juga kurang efektif dengan rata-rata nilai WRI 5,64% dan 3,37%
3. Waktu yang diperlukan oleh larva lalat BSF untuk mengkonversi 1500 gram sampah organik pasar menjadi pupuk organik dan maggot BSF adalah 14 hari

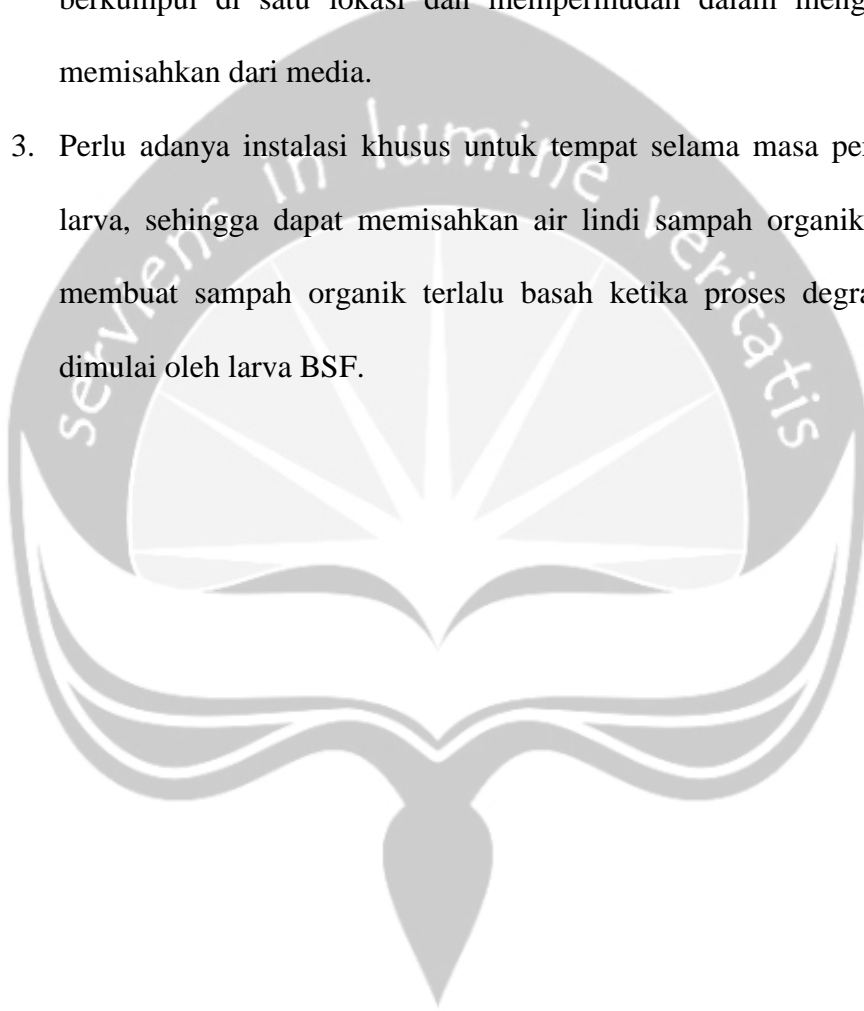
B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disertakan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kandungan pada hasil samping biokoversi berupa air lindi yang dapat dimanfaatkan

sebagai Pupuk Organik Cair (POC) apabila hasil uji memenuhi syarat SNI POC.

2. Sebelum proses perhitungan larva di tahap awal, perlu dilakukan pendiaman larva dalam media selama satu malam sehingga larva dapat berkumpul di satu lokasi dan mempermudah dalam mengambil dan memisahkan dari media.
3. Perlu adanya instalasi khusus untuk tempat selama masa pemeliharaan larva, sehingga dapat memisahkan air lindi sampah organik dan tidak membuat sampah organik terlalu basah ketika proses degradasi telah dimulai oleh larva BSF.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Indonesia. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2019*. BPS, Indonesia.
- Benson, H.J. 2001. *Microbiological Application: Laboratory Manual in General Microbiology*. The McGraw-Hills Company, Inc., New York.
- Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organik material by black soldier fly maggots – establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research* 27: 603-610.
- Ekeleme, I.K., Makut, M.D., Adoga, M.P., Tsaku, P.A., Nkene, I.H., dan Oti, V.B. 2018. Production of citric acid by *Trichoderma viride* isolated from soil in Koffi, Nigeria using glucose enhanced substrates. *South Asian Journal of Research in Microbiology* 1(1): 1-6
- Fadilah, U., Wijaya, I. M. M., dan Antara, N.S. 2018. Studi pengaruh pH awal media dan lama fermentasi pada proses produksi etanol dari hidrolisat tepung biji nangka dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri* 6(2): 92-102
- Fahmi, M.R. 2015. Optimalisasi proses biokonversi dengan menggunakan minimaggot *Hermetia illucens* untuk memenuhi kebutuhan pakan ikan. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon* 1(1): 139-144.
- Gandjar, I dan Syamsuridzal, W. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Gautam., S.P., Bundela, P.S., Pandey, A.K., Jamaluddin, Awasthi, M.K., dan Sarsaiya, S. 2012. Diversity of cellulolytic microbes and the biodegradation of municipal solid waste by a potential strain. *International Journal of Microbiology* 2012(1): 1-12.
- Gunam, I.B.W., Wayan, R.A., dan Ida, B.N.S.D. 2011. Produksi selulase kasar dari kapang *Trichoderma viride* dengan perlakuan konsentrasi substrat ampas tebu dan lama fermentasi. *Jurnal Biologi* 15(2): 29-33.
- Kristanto, W.H., Tamrin, dan Maria, E. 2017. Pengaruh penambahan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan jumlah lubang kotak pada fermentasi buah kakai (*Theobroma cacao* L) terhadap mutu biji kakao kering. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 6(1):1-10

- Lieckfeldt, E., Gary, J. S., Helgard, I. N., dan Orlando, P. 1999. A morphological and molecular perspective of *Trichoderma viride*: is it one or two species?. *Applied and Environmental Microbiology* 65(6): 2418-2428.
- Manurung, R., Ateng, S., Rizkita, R.E., dan Ramadhani, E.P. 2016. Bioconversion of rice straw waste by black soldier fly (*Hermetia illucens* L.): optimal feed rate for biomass production. *J 41 of Entomology and Zoologi Studies* 4(4): 1036-1041.
- Mujahid. 2017. Biokonversi tandan kosong kelapa sawit menggunakan larva *Hermetia illucens* dan *Trichoderma* sp. menjadi bahan pakan unggas dan ikan. *Naskah Thesis*. Sekolah Pascasarjana. IPB, Bogor
- Mustika, 2006. Analisis komposisi sampah kota dan potensi pemanfaatannya. *Naskah Skripsi S-I*. Fakultas Teknik Pertanian. Institusi Pertanian Bogor, Bogor.
- Paz. A.S.P., Nancy, S.C., dan Carlos, H.G.R. 2015. Effect of maggot density and feeding rates on the bioconversion of vegetable waste using black soldier fly maggot *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae). *Waste and Biomass Valorization* 6(6): 1059-1065
- Priadi, D., dan Tri, M.E. 2014. Pembuatan kompos berbahan dasar potongan rumput dan kotoran sapi serta pemanfaatannya untuk tanaman sayuran. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Unggulan Bidang Pangan Nabati*. 25 September 2014, Bogor.
- Rachman, A. 1992. *Teknologi Fermentasi Industrial*. Penerbit Arcan, Jakarta.
- Rakhmawati, A. 2013. *Reproduksi Jamur*. UNY Press, Yogyakarta.
- Sakthivel, K., Gautam, R.K., Singh, P.K., Manigundan, K., dan Dam, R. 2016. *Trichoderma viride A Potential Bio-control Agent for Soil Borne Diseases In The Islands*. ICAR, Nicobar Islands.
- SANDEC. 2017. *Proses Pengolahan Sampah Organik dengan Black Soldier Fly (BSF)*. EAWG, Swiss.
- Scriber, J. M., & Slansky, F. (1981). Selected bibliography and summary of quantitative food utilization by immature insects. *Bulletin of the Entomological Society of America* 2(8): 43-55.

- Sekhar, Y. C., Ahammed, S.K., Prasat, T.N.V.K.V., dan Devi, R.S.J. 2017. Identification of Trichoderma species based on morphological characteristics isolated from rhizosphere of groundnut (*Arachis Hypogaea* L). *International Journal of Science, Environment and Technology* 6(3): 2056-2063
- Setyani, W.S., Purbowatiningrum, R.S., dan Nies, S.M. 2011. Uji aktivitas *Trichoderma viride* dalam hidrolisis selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) dengan variasi temperatur dan waktu inkubasi. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 14(1): 12-16.
- Sipayung, P.Y.E. 2015. Pemanfaatan maggot *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) sebagai salah satu teknologi produksi sampah di daerah perkotaan. *Naskah Skripsi-S1*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sitepu, M. 2018. Uji fermentasi limbah sayuran dengan bioaktivator mol (mikroorganisme lokal) dan EM4 (*Effective Microorganism* 4). *Naskah Skripsi S-1*. Fakultas Pertanian. USU. Sumatera Utara.
- Sriharti dan Takiyah, S. 2010. Pemanfaatan sampah taman (rumput-rumputan) untuk pembuatan kompos. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. 26 Januari 2010. Yogyakarta.
- Supriyati, Haryati, T., Budiarsana, I.G.M., dan Utama, I.K. 2010. Fermentasi jerami padi menggunakan *Trichoderma viride*. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, Bogor.
- Supriyatna, A. dan Ukit. 2016. Screening and isolation of cellulolytic bacteria from gut of Black Soldier Flys Maggot (*Hermetia illucens*) feeding with rice straw. *Journal of Biology & Biology Education. Biosaintifika* 8(3): 314-320.
- Supriyatna, A., dan Ramadhani, E.P. 2017. Estimasi pertumbuhan lalat *Black Soldier* (*Hermetia illucens*) dan penggunaan pakan jerami padi yang difermentasi dengan jamur *P.chrysosporium*. *Jurnal Biodjati* 2(2): 159-166.
- Suryani, Y., Poniah, A., dan Iman, H. 2012. Isolasi dan identifikasi jamur selulolitik pada limbah produksi bioetanol dari singkong yang berpotensi dalam pengolahan limbah menjadi pakan domba. *UINGD-journal* 6(1): 1-10.

- Suryani, Y., Poniah, A., dan Iman, H. 2012. Isolasi dan identifikasi jamur selulolitik pada limbah produksi bioetanol dari singkong yang berpotensi dalam pengolahan limbah menjadi pakan domba. *Jurnal Fakultas Peternakan UIN Sunan Gunung Djati*
- Tribak, M., J.A.Ocampo, I. Garcia-Romera. 2002. Production of xyloglucanolytic enzymes by *Trichoderma viride*, *Paecilomyces farinosus*, *Wardomyces inflatus*, and *Pleurotus ostreatus*. *Mycologia*. 3: 404-410



LAMPIRAN

Lampiran 1: Data dan tabel perhitungan nilai WRI dan ECD

Tabel 5. Berat akhir sampah organik pasar/kasgot (R) (gram)

Perlakuan	Ulangan	Berat akhir sampah (R)(gram)		
		1000 larva	3000 larva	5000 larva
Berat awal (W) (gram)		1500	1500	1500
Kontrol	1	559,72	216,68	380,1
	2	599,69	198,14	407,17
	3	646,27	234,72	340,96
Fermentasi	1	434,59	170,36	211,03
	2	408,49	210,32	278,62
	3	411,7	185,78	270,73

Tabel 6. Penurunan sampah organik pasar (W-R) (gram)

Perlakuan	Ulangan	Penurunan Sampah Total (%)		
		1000 larva	3000 larva	5000 larva
Durasi (t)(hari)		14	14	14
Kontrol	1	940,28	1283,32	1119,9
	2	900,31	1301,86	1092,83
	3	853,73	1265,28	1159,04
Fermentasi	1	1065,41	1329,64	1288,97
	2	1091,51	1289,68	1221,38
	3	1088,3	1314,22	1229,27

Tabel 7. Sampah terkonsumsi

Perlakuan	Ulangan	Berat akhir larva lalat BSF (gram)		
		1000 larva	3000 larva	5000 larva
Berat awal		14	14	14
Kontrol	1	0,626853333	0,855546667	0,7466
	2	0,600206667	0,867906667	0,728553333
	3	0,569153333	0,84352	0,772693333
Fermentasi	1	0,710273333	0,886426667	0,859313333
	2	0,727673333	0,859786667	0,814253333
	3	0,725533333	0,876146667	0,819513333

Tabel 8. Berat akhir larva BSF (gram)

Perlakuan	Ulangan	Berat akhir larva lalat BSF (gram)		
		1000 larva	3000 larva	5000 larva
Berat awal	kontrol	2,32	6,95	11,59
	fermentasi	2,51	7,53	12,563
Kontrol	1	44,26	80,88	33,27
	2	53,01	80,36	26,95
	3	41,85	87,69	27,33
Fermentasi	1	57,25	96,71	68,34
	2	54,71	99,4	79,07
	3	48,55	87	83,06

Tabel 9. Pertambahan berat larva (B) (gram)

Perlakuan	Ulangan	Pertambahan berat larva lalat BSF (gram)		
		1000 larva	3000 larva	5000 larva
Berat awal	kontrol	2,32	6,95	11,59
	fermentasi	2,51	7,53	12,563
Kontrol	1	41,94	73,93	21,68
	2	50,69	73,41	15,36
	3	39,53	80,74	15,74
Fermentasi	1	54,74	89,18	55,78
	2	52,2	91,87	66,51
	3	46,04	79,47	70,5

Tabel 10. Nilai *Waste Reduction Index (WRI)* seluruh perlakuan

Perlakuan	Ulangan	Perlakuan larva lalat BSF		
		1000 larva	3000 larva	5000 larva
Kontrol	1	4,47752381	6,111047619	5,332857143
	2	4,287190476	6,199333333	5,203952381
	3	4,065380952	6,025142857	5,519238095
Fermentasi	1	5,073380952	6,331619048	6,137952381
	2	5,197666667	6,141333333	5,816095238
	3	5,182380952	6,258190476	5,853666667

Tabel 11. Nilai *Efficiency of Conversion of Digested Feed (ECD)*(%)

Perlakuan	Ulangan	Perlakuan larva lalat BSF		
		1000 larva	3000 larva	5000 larva
Kontrol	1	4,460373506	5,760839074	1,935887133
	2	5,630282903	5,638855176	1,405525105
	3	4,630269523	6,381196257	1,358020431
Fermentasi	1	5,137928122	6,707078608	4,327486288
	2	4,782365714	7,123472489	5,445479703
	3	4,230451162	6,046932781	5,735111082



Lampiran 2: Hasil Analisis Statistik SPSS Uji ANOVA dan *Duncan* untuk nilai WRI dan ECD

A. Nilai *Waste Reduction Index* (WRI)

Tabel 12. Hasil uji ANOVA *Waste Reduction Index* (WRI)

	Jumlah kuadrat	Derajat bebas (df)	Rerata kuadrat	Hitung F	Sig.
Antar grup	8,27008	5	1,654016	82,67746	0,000
Dalam grup	0,240068	12	0,020006		
Total	8,510148	17			

Tabel 13. Uji pengaruh antar subyek *Waste Reduction Index* (WRI)

Sumber	Tipe II Jumlah kuadrat	Derajat Bebas (df)	Rerata Kuadrat	F Hitung	Sig.
Model terkoreksi	8,27007997	5	1,654015995	82,677458	0
<i>Intercept</i>	546,856019	1	546,8560193	27335,083	0
<i>Pretreatment</i>	1,26437812	1	1,264378117	63,201063	0
JumlahLarva	6,58562525	2	3,292812627	164,5941	0
<i>Pretreatment</i> *					
JumlahLarva	0,4200766	2	0,210038302	10,498951	0,002
Kesalahan	0,24006776	12	0,020005646		
Total	555,366167	18			
Total koreksi	8,51014773	17			

R kuadrat= 0,972 (Disesuaikan R kuadrat = 0,960)

Tabel 14. Uji *Duncan* nilai WRI terhadap perlakuan jumlah larva

Jumlah Larva	Jumlah	<i>Subset</i> (bagian)		
		1	2	3
1000 Larva	6	4,713921		
5000 Larva	6		5,64396	
3000 Larva	6			6,177778
Sig.		1	1	1

Nilai rata-rata yang sama ditampilkan pada *subset* yang sama

Berdasarkan pada Tipe II Jumlah dari Kuadrat

Tingkat kesalahan dilihat dari Rerata Kuadrat (kesalahan)= 0,020

- Menggunakan *Harmonic Mean Sample Size*= 6,000.
- Alfa= 0,05

Tabel 15. Uji *Duncan* nilai WRI terhadap perlakuan fermentasi dan jumlah larva

Perlakuan	Jumlah	Subset (bagian) Tingkat kepercayaan (alfa=0,05)			
		1	2	3	4
K-1000 Larva	3	4,276698			
F-1000 Larva	3		5,151143		
K-5000 Larva	3		5,352016		
F-5000 Larva	3			5,935905	
K-3000 Larva	3			6,111841	6,111841
F-3000 Larva	3				6,243714
Sig.		1	0,107531	0,153559	0,275773

Nilai rata-rata yang sama ditampilkan pada *subset* yang sama

B. Nilai *Efficiency of Conversion of Digested Feed* (ECD)

Tabel 16. Hasil uji ANOVA *Efficiency of Conversion of Digested Feed* (ECD)

	Jumlah kuadrat	Derajat Bebas (df)	Rataan kuadrat	Hitung F	Sig.
Antar grup	45,63607	5	9,127215	31,88946	0,000
Dalam grup	3,43457	12	0,286214		
Total	49,07064	17			

Tabel 17. Uji pengaruh antar subyek *Efficiency of Conversion of Digested Feed* (ECD)

Sumber	Tipe II Jumlah kuadrat	Derajat Bebas (df)	Rerata Kuadrat	F Hitung	Sig.
Model terkoreksi	45,63607	5	9,127215	31,88946	0
<i>Intercept</i>	417,9669	1	417,9669	1460,329	0
<i>Pretreatment</i>	8,452979	1	8,452979	29,53376	0
JumlahLarva	25,37814	2	12,68907	44,33418	0
<i>Pretreatment</i> *					0
JumlahLarva	11,80495	2	5,902477	20,62259	
Kesalahan	3,43457	12	0,286214		
Total	467,0375	18			
Total koreksi	49,07064	17			

R kuadrat= 0,930 (Disesuaikan R kuadrat = 0,901)

Tabel 18. Uji *Duncan* nilai ECD terhadap perlakuan jumlah larva

Jumlah Larva	Jumlah	Subset (bagian)		
		1	2	3
5000 Larva	6	3,367918		
1000 Larva	6		4,811945	
3000 Larva	6			6,276396
Sig.		1	1	1

Nilai rata-rata yang sama ditampilkan pada *subset* yang sama

Berdasarkan pada Tipe II Jumlah dari Kuadrat

Tingkat kesalahan dilihat dari Rerata Kuadrat (kesalahan)= 0,286

- Menggunakan *Harmonic Mean Sample Size* = 6,000.
- Alfa= 0,05

Tabel 19. Uji *Duncan* nilai ECD terhadap perlakuan fermentasi dan jumlah larva

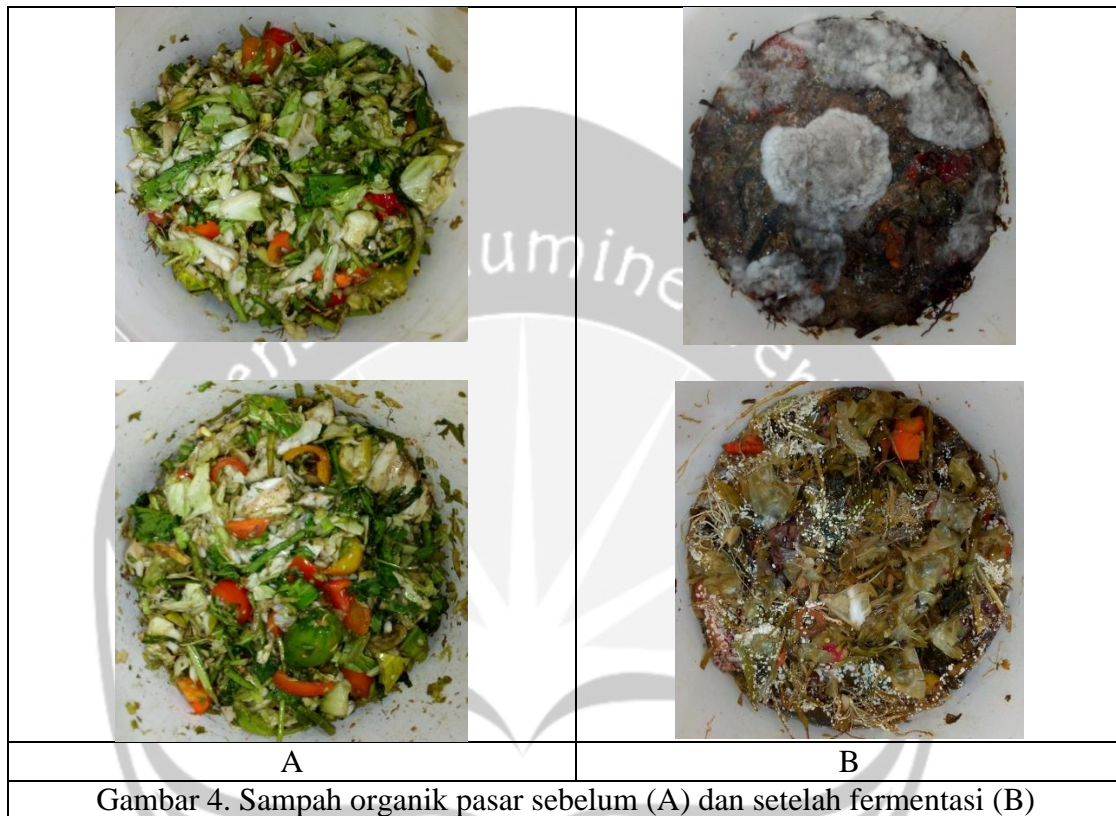
Perlakuan	Jumlah	Subset (bagian)			
		Tingkat kepercayaan (alfa=0,05)			
		1	2	3	4
K-5000 Larva	3	1,566478			
F-1000 Larva	3		4,716915		
K-1000 Larva	3		4,906975		
F-5000 Larva	3		5,169359	5,169359	
K-3000 Larva	3			5,926964	5,926964
F-3000 Larva	3				6,625828
Sig.		1	0,343945	0,108439	0,135603

Nilai rata-rata yang sama ditampilkan pada *subset* yang sama

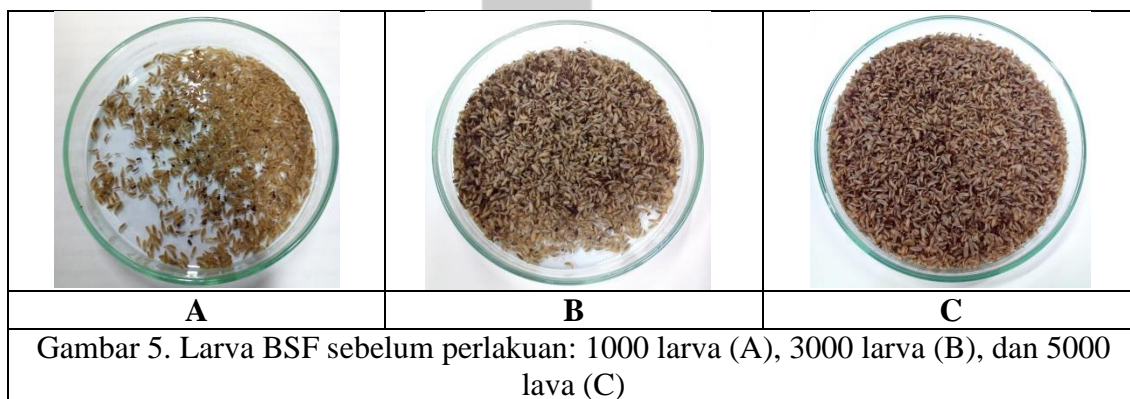
Menggunakan *Harmonic Mean Sample Size* = 3,000.













Lampiran 3: Dokumentasi Penelitian

A. Tahap Fermentasi



B. Tahap Pemberian Larva BSF



		
A	B	C
Gambar 6. Larva BSF setelah perlakuan: 1000 larva (A), 3000 larva (B), dan 5000 larva (C)		
		
A (Kontrol)	B(Kontrol)	C(Kontrol)
		
A (Fermentasi)	B (Fermentasi)	C (Fermentasi)
Gambar 7. Sampah organik pasar sebelum perlakuan: 1000 larva (A), 3000 larva (B), dan 5000 larva (C)		
		
A	B	C
Gambar 8. Sampah organik pasar setelah perlakuan: 1000 larva (A), 3000 larva (B), dan 5000 larva (C)		